

标准与检测

轿车轮胎低噪声性能的评价方法

陈理君¹, 李志东¹, 陈弘², 车勇¹, 肖旺新¹

(1. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430070; 2. 杭州橡胶集团公司, 浙江 杭州 310008)

摘要: 在分析轮胎噪声评价指标特点的基础上, 阐述轿车轮胎低噪声性能的主观评价和客观评价方法。武汉理工大学提出的综合评价指数可较好地用于评判轮胎的低噪声性能, 从而大大缩短轮胎开发周期和降低开发费用。

关键词: 轿车轮胎; 低噪声性能; 主观评价; 客观评价

在对轮胎噪声进行评判之前, 必须确定轮胎的低噪声性能指标。制定噪声的容许指标需要考虑2个基本原则。第一个基本原则: 由于在工业生产和噪声控制过程中多数情况下不可能消除噪声, 而是尽可能降低噪声; 不是尽一切所能地消除噪声, 而是在不影响设备正常运转以及不影响其它技术指标的基础上, 将噪声的影响和负作用降低到可以接受的水平, 因此制定噪声控制指标的目的不是使噪声达到“最低”而是达到“可以容忍”。第二个基本原则是用国际上普遍推行的量度声音的单位“分贝”(A)来计量噪声总声压级。

在轮胎产品的设计、制造和使用过程中, 噪声已成为一项重要的技术指标。新设计的轮胎噪声必须经过主观评价, 直至主客观评价一致, 并均达到要求指标, 轮胎的噪声性能才算合格。本文介绍轿车轮胎低噪声性能评价方法。

1 轮胎低噪声性能的主观评价

轮胎噪声的主观评价为人对某种噪声的感受, 主要取决于人耳的听觉特性。这种感受分为对噪声的烦恼度、尖锐度、响度和起伏度, 反映人对轮胎噪声感受过程中的生理反应和心理反应。根据这4种感觉, 确定4个轮胎噪声评价因子, 利用这些评价因子来衡量轮胎的低噪声性能是否符合要求。

1 烦恼度(Q_1)是人对噪声的总体感受, 反映噪声非白噪化大小, 轮胎噪声越接近白噪声, 人的

烦恼度越低。

2 尖锐度(Q_2)反映噪声高频段声级的大小, 即噪声的尖锐程度。

3 响度(Q_3)反映噪声的声级大小, 在主观评价中占很大的比重。

4 起伏度(Q_4)直接影响人耳的舒适性, 它比尖锐度的影响效果更明显。因为尖锐度仅反应高频区的声级大小, 而起伏度反应了声音在整个声频段内的起伏变化, 导致人耳不舒适的声音不只在高频区(虽然高频区过于尖锐的噪声尤其使人不舒服), 所以采用起伏度作为一个评价因子更为客观, 也易于接受。

主观评价试验是邀请有经验的轮胎设计人员、汽车司机、噪声专家等, 从响度、尖锐度、起伏度、烦恼度4个方面对试验轮胎噪声进行评判打分, 各因子分值均为0~100。

将这4个评价因子进行加权综合计算, 各个评价因子权重的确定在主观评判中占有非常重要的地位, 权重确定的合理性直接影响评判结果。确定权重的有效方法很多, 如多元统计分析法、模糊方程求解法、层次分析法、专家咨询法等。

设定一个主观综合评价指数(Q_s), 此值是4个评判因子的加权和, 即:

$$Q_s = (\alpha_1 Q_1 + \alpha_2 Q_2 + \alpha_3 Q_3 + \alpha_4 Q_4) / k \quad (1)$$

$$k = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$$

式中, α_1 , α_2 , α_3 和 α_4 分别为烦恼度、尖锐度、响度和起伏度个评判因子的权重值, 一般响度权

重值要大点。主观综合评价指数可以作为衡量试验轮胎低噪声性能的依据,其分值为0~100。当主观综合评价指数为60~69分时,轮胎低噪声性能合格;主观综合评价指数为70~89分时,轮胎低噪声性能良好;主观综合评价指数为90~100分时,轮胎低噪声性能优。以一组New系列轮胎为例,若取 $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=1$,则 $k=4$,轮胎噪声主观评价具体数据见表1。

表1 New系列轮胎主观评判数据统计 分

轮胎编号	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_s
New_a	78.7	72.6	81.1	82.2	78.9
New_b	71.4	66.9	73.6	88.6	75.1
New_c	64.8	58.0	51.3	50.9	56.3
New_d	72.5	52.7	60.8	55.4	60.4

从表1可知,New_a轮胎的低噪声性能良好;New_c轮胎的低噪声性能最差,为不合格,表明New_c轮胎的噪声很大,该轮胎应被淘汰。

2 轮胎低噪声性能的客观评价

2.1 声压级

在声波传播空间中某点的声音强弱可以用该点的声压和声强来表示,但人耳接收到声振动以后,主观上产生的“响度感觉”并不正比于声强度绝对值,而是更接近于与强度对数成正比,所以引入“级”的概念,在声学中普遍使用对数值来度量的声压称为声压级,其单位用分贝(dB)表示。

通常在精度要求不高的情况下以总声压级来衡量的声学性能容易直接测定,故可以用总声压级来对轮胎低噪声性能进行客观评价,该方法已被广泛采用。

2.2 响度和响度级

响度是人耳判别声音的强度等级,它不仅取决于声音的强度(如声压级),还与其频率及波形有关。响度用 N 表示,单位是Sone(宋),规定声压级为40 dB、频率为1 000 Hz,且来自听者正前方的平面波形响度为1 Sone。

响度级建立在2个声音主观比较的基础上,选择1 000 Hz的纯音作基准音,若某一噪声听起来与该纯音一样响,则该噪声的响度级在数值上等于这个纯音的声压级。响度级用 L_N 表示,单位是Phone(方)。如果某噪声听起来与声压级为

80 dB、频率为1 000 Hz的纯音一样响,则该噪声的响度级就是80 Phone。

响度与响度级的关系式为:

$$N=2\exp\frac{L_N-40}{10} \text{ 或 } L_N=40+10\log_2 N \quad (2)$$

按式(2)做出的响度与响度级关系曲线如图1所示。

计算噪声总响度时,先测出噪声的频带声压级,然后从等响度指数曲线(如图2所示)中查出频带的响度指数,再按式(3)计算总响度 S_t 。

$$S_t=S_m+F(\sum S-S_m) \quad (3)$$

式中 S_m 为频带中最大的响度指数; $\sum S$ 为所有频带的响度指数之和; F 为常数,对倍频程、1/2

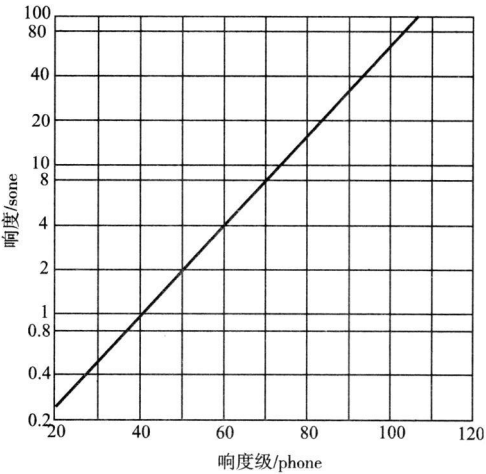


图1 响度与响度级的关系

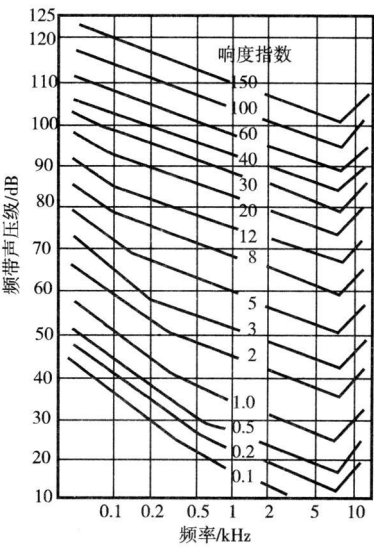


图2 等响度指数曲线

倍频程和 1/3 倍频程对应的 F 分别为 0.3, 0.2 和 0.15。

响度评价结果与主观评价结果能较好吻合,即用响度测量值的客观评价结果比较接近人的主观感觉,相对于主观评价来说响度评价简单而有效。

为了对比不同评价指标对评价结果的影响,在消声室内分别对 5 种不同类型轮胎进行了测试,客观评价结果如表 2 所示,其中响度值为根据 Stevens 响度计算方法得到的客观响度。从表 2 可以看出,轮胎噪声的总压声级排序结果与根据响度得出的噪声排序结果基本一致,但也不尽相同。

表 2 轮胎噪声客观评价对比结果

项 目	轮胎编号				
	R1	R2	R3	R4	R5
响度/Sone	19.8(3)	19.2(2)	20.2(4)	20.5(5)	18.2(1)
总声压级/dB	71.3(4)	70.5(2)	71.1(3)	71.7(5)	70.3(1)

注:括号内的数字为响度及总压声级由小到大的排列序号。

3 轮胎低噪声性能评判标准

目前国内外尚无正式的轮胎噪声容许标准,轮胎厂家一般是将汽车配套厂家提出的噪声要求作为指标值。已知的轮胎低噪声性能评判标准有:美国某测试中心标准线(M 线)、德国某测试中心标准、武汉理工大学制定的“三线一图”评判标准、掠过总噪声压级 SPL_z 等。

3.1 美国某测试中心 M 标准线

美国某研究中心为汽车生产厂家在选用配套轮胎时提出的噪声性能标准曲线如图 3 所示。其评判方法是把轮胎设计方案和人工刻花纹轮胎送往该测试中心进行仿真测试,得到 0~5000 Hz

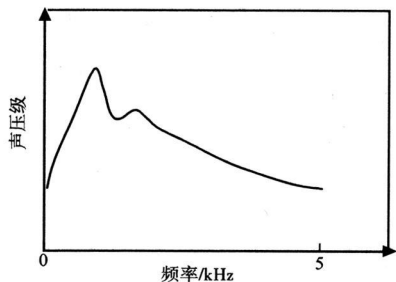


图 3 美国某测试中心 M 标准线

的噪声频谱曲线,如果测试曲线全部在 M 标准线下部,则轮胎的噪声性能合格;如果测试曲线部分在 M 标准线上部,则轮胎噪声性能不合格。

3.2 德国某测试中心标准

德国某测试中心的标准测试方法是对测试轮胎的低噪声性能进行比较并按优劣排序,如对一些花纹方案轮胎进行仿真,得到 1~5 000 Hz 的花纹噪声频谱图,分成模糊 3 段,即低频段(1~800 Hz)、中频段(500~2 500 Hz)、高频段(2 000~5 000 Hz)来分别与一个典型低噪声轮胎谱线比较,并考虑噪声主观评价,引入权重函数 $N=n(f, SPL)$,同时把 N 作近似模糊化处理,确定低、中、高频对应的函数值 N_L , N_M 和 N_H ,同时进行加权,求得模糊评价指数,分出轮胎低噪声性能良好、中等、差 3 个级别。

3.3 “三线一图”评判标准

在研究国外评价标准的基础上,武汉理工大学提出了轮胎低噪声性能的“三线一图”评判标准。对大量实际轮胎花纹低噪声性能进行评价和分析后,总结出低噪声轮胎的几个参考标准:(1)噪声谱线接近白噪声谱线,越相近越好;(2)频域声能量均衡线低而平直,越低、越直越好;(3)声中心能量分布均衡线低而平直,越低、越直越好;(4)时域声强度波形分布均匀而平直,越均匀、越平直越好。

3.4 主观综合评价指数

用主观综合评价指数评价轮胎低噪声性能的方法前面已经介绍。试验证明,主观综合评价指数十分接近主客观评价,一致性好。

3.5 掠过总噪声压级 SPL_z

拖车法测得掠过总噪声压级 SPL_z 小或等于 72 dB(A)。

4 结语

上面介绍了轿车轮胎低噪声性能的主客观评价方法,并提出主观综合评价指数可作为衡量轮胎低噪声性能的依据,直接应用于评价设计轮胎的低噪声性能是否合格。通过大量主观评价试验得出的轮胎低噪声综合评价指数评判结果与客观评价结果十分接近。主观综合评价指数评判方法已实际应用,效果良好。